

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi mesin di bidang otomotif dan industri menuntut sistem pelumasan yang semakin andal agar kinerja mesin tetap optimal dan umur pakai komponen lebih panjang (Bosch, 2019). Oli berfungsi untuk mengurangi gesekan antar komponen, membantu proses pendinginan, serta membawa partikel hasil keausan selama mesin bekerja (Spikes, 2004). Apabila partikel-partikel tersebut tidak disaring dengan baik, kualitas pelumasan dapat menurun dan berpotensi mempercepat kerusakan komponen mesin untuk menjaga kualitas oli, digunakan filter oli yang umumnya memanfaatkan media berpori (*porous media*) sebagai elemen utama penyaringan (Ratiu et al., 2021).

Media berpori memiliki rongga-rongga kecil yang memungkinkan fluida mengalir sambil menahan partikel kontaminan (Bear, 1972). Karakteristik media seperti ukuran pori, distribusi pori, porositas, permeabilitas, dan ketebalan sangat memengaruhi performa filtrasi serta hambatan aliran fluida di dalam filter (Printsypar et al., 2019). Oleh karena itu, geometri porous media menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas filter oli.

Secara teoritis, perilaku aliran fluida di dalam porous media banyak dijelaskan menggunakan hukum Darcy (Bear, 1972). Hukum Darcy menyatakan bahwa laju aliran fluida dipengaruhi oleh perbedaan tekanan, viskositas fluida, permeabilitas media, dan ketebalan media filter (Teruel & Rizwan-uddin, 2009). Selain itu, model Kozeny-Carman juga digunakan untuk menjelaskan hubungan antara struktur pori dengan resistansi aliran fluida (Shin, 2022). Teori-teori tersebut menjadi dasar penting dalam menganalisis hubungan antara geometri media filter dengan kelancaran aliran oli.

Dalam proses filtrasi, efisiensi penyaringan partikel dipengaruhi oleh beberapa mekanisme seperti *straining*, intersepsi, difusi, dan inersia (Tien & Ramarao, 2007). Media dengan ukuran pori yang kecil umumnya memiliki kemampuan penyaringan yang lebih baik karena mampu menangkap partikel berukuran kecil (Tien & Ramarao, 2007). Namun, ukuran pori yang terlalu kecil

juga dapat meningkatkan hambatan aliran dan memperbesar nilai *pressure drop* pada sistem filtrasi (Zhu, 2023). Kondisi ini menunjukkan adanya hubungan antara efisiensi filtrasi dan karakteristik geometri media filter.

Selain pendekatan teori, perkembangan teknologi komputasi juga mendorong penggunaan simulasi numerik dalam penelitian porous media. Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) banyak digunakan untuk menganalisis distribusi tekanan, kecepatan aliran, dan pola pergerakan fluida di dalam media berpori secara detail (Anderson, 1995). Simulasi *pore-scale modeling* juga mampu memberikan gambaran mengenai interaksi fluida dengan struktur mikro porous media secara lebih realistis (Blunt et al., 2013).

Melalui simulasi, peneliti dapat memprediksi pengaruh perubahan ukuran pori, ketebalan media, maupun laju aliran terhadap performa filter sebelum dilakukan pengujian nyata (Blunt et al., 2013). Namun demikian, hasil simulasi tetap bergantung pada asumsi model dan parameter yang digunakan, sehingga belum tentu sepenuhnya mewakili kondisi aktual di lapangan (Ma et al., 2021).

Salah satu permasalahan utama pada filter oli adalah terjadinya penyumbatan (*clogging*) pada media filter selama proses penggunaan (Hermia, 1982). Penyumbatan terjadi ketika partikel kontaminan mulai menutup pori-pori atau menumpuk pada permukaan media filter (Sorrentino et al., 2025). Akibatnya, permeabilitas media menurun dan nilai *pressure drop* meningkat sehingga aliran oli menjadi lebih terhambat (Elrahmani et al., 2023). Jika kondisi ini terus berlangsung, suplai oli ke komponen mesin dapat terganggu dan menyebabkan penurunan performa sistem pelumasan (H. Li et al., 2025).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa geometri porous media memiliki pengaruh besar terhadap distribusi aliran dan proses penangkapan partikel. Struktur pori yang tidak seragam dapat menyebabkan aliran fluida terkonsentrasi pada jalur tertentu sehingga sebagian area filter bekerja lebih berat dibanding area lainnya (Printsypar et al., 2019). Hal tersebut dapat mempercepat penyumbatan lokal dan menurunkan umur pakai filter secara keseluruhan (Sorrentino et al., 2025). Oleh karena itu, pemilihan geometri media yang tepat sangat diperlukan untuk meningkatkan performa filter.

Meskipun penelitian berbasis teori dan simulasi telah berkembang cukup pesat, kondisi nyata pada sistem filter oli sering kali lebih kompleks dibandingkan model ideal. Variasi temperatur, perubahan viskositas oli, getaran mesin, serta distribusi partikel yang tidak seragam dapat memengaruhi hasil filtrasi secara langsung (H. Li et al., 2025). Oleh sebab itu, pendekatan eksperimental tetap dibutuhkan untuk memvalidasi hasil teori dan simulasi serta memperoleh data yang lebih realistis (Liu et al., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji secara eksperimental pengaruh geometri porous media pada filter oli terhadap efisiensi filtrasi dan faktor penyumbatan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara struktur media filter, kemampuan penyaringan, dan ketahanan terhadap penyumbatan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan menjadi dasar dalam pengembangan desain filter oli yang lebih optimal untuk aplikasi otomotif maupun industri.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dilihat bahwa performa filter oli sangat dipengaruhi oleh karakteristik media berpori yang digunakan. Namun, masih terdapat beberapa hal yang belum sepenuhnya dipahami, khususnya terkait hubungan antara geometri porous media dengan efisiensi filtrasi serta kecenderungan terjadinya penyumbatan.

Oleh karena itu, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh geometri porous media, sudutnya, terhadap efisiensi filtrasi pada filter oli?
2. Bagaimana hubungan antara variasi geometri porous media terhadap sudut dengan tingkat penyumbatan (*clogging*) yang terjadi selama proses filtrasi?
3. Geometri porous media seperti apa yang memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi filtrasi dan ketahanan terhadap penyumbatan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak melebar ke hal-hal di luar fokus utama, maka diperlukan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengaruh geometri porous media, dan ketebalan media filter terhadap performa filtrasi.
2. Fluida yang digunakan dalam pengujian adalah oli SAE 20W-50 dan diasumsikan memiliki sifat yang konstan selama proses eksperimen.
3. Partikel kontaminan yang digunakan dalam pengujian dibatasi pada jenis dan ukuran tertentu, sehingga tidak mewakili seluruh variasi kontaminan yang ada pada kondisi nyata.
4. Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium dengan kondisi yang dikontrol, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasional mesin secara langsung.
5. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini terbatas pada efisiensi filtrasi dan tingkat penyumbatan (*clogging*) pada media filter.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik geometri porous media yang mampu memberikan kinerja optimal, yaitu efisiensi filtrasi yang baik dengan tingkat penyumbatan yang relatif rendah.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman mengenai hubungan antara geometri porous media dengan kinerja filtrasi, khususnya pada sistem filter oli. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi tambahan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan porous media dan proses filtrasi.
- b. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perancangan atau pengembangan filter oli yang lebih efektif. Dengan memahami pengaruh

geometri media filter, diharapkan dapat dihasilkan desain filter yang mampu menyaring partikel secara optimal tanpa cepat mengalami penyumbatan.

- c. Bagi sektor industri dan otomotif, penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai pentingnya pemilihan media filter yang tepat. Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem pelumasan, memperpanjang umur komponen mesin, serta mengurangi risiko kerusakan akibat kontaminasi
- d. Penelitian ini dapat menjadi sarana untuk memperdalam pemahaman mengenai fenomena filtrasi dan aliran fluida dalam porous media, serta melatih kemampuan dalam melakukan penelitian eksperimental dan analisis data.